

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

FUNDAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS

PRÁCTICA CALIFICADA N° 01

Código: BFI05 Fecha: 22/09/2023 Duración: 1 h 40 m Semestre: 2023 – 2

Se considerará el orden y coherencia en la resolución de problemas.

1. a) Un alambre experimenta un cambio infinitesimal desde un estado inicial en equilibrio a otro final, también en equilibrio. Considere que la longitud, L , está en función de la temperatura, T , y la fuerza de tensión, F , demostrar que la variación de longitud esta dado por: (02 puntos)

$$\frac{dL}{L} = \alpha dT + \frac{1}{YA} dF$$

Donde, α , coeficiente de dilatación térmica, A , área de la sección transversal y Y , módulo de Young. b) Una cuerda metálica de 0.085 cm^2 de sección transversal esta sometido a una tensión de 20 N , a la temperatura de 12°C , entre dos soportes rígidos separados 2 m . Utilizando la ecuación obtenida en (a), calcule la tensión final de la cuerda si la temperatura se reduce a 6°C . Suponer que Y y α tienen valores constantes e iguales a $2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ y $1.5 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, respectivamente. (03 puntos).

2. Un recipiente de vidrio de 10°C es llenado por 100 g de mercurio (coeficiente de dilatación volumétrica del mercurio $= 18 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) al incrementar la temperatura del conjunto a 30°C en el recipiente solo hay 99.7 g de mercurio. ¿Cuál es el coeficiente de dilatación lineal en $^\circ\text{C}^{-1}$ del vidrio? Considere que la densidad del mercurio es constante. (05 puntos)
3. Un material cuyo coeficiente de dilatación cubica es β y su compresibilidad isotérmica es κ se somete a un cambio cuasiestático de estado. a) Usando derivadas parciales deducir. (02 puntos).

$$\frac{dV}{V} = \beta dT - \kappa dP$$

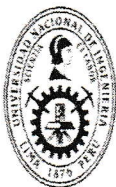
- b) Considere un gas con $\beta = -\frac{2P^3}{T^3} + 3PT^2$ y $\kappa = -\frac{3P^2}{T^2} - T^3$. Derive la ecuación de estado para el sistema considerado. (03 puntos)
4. Para la siguiente ecuación diferencial (05 puntos)

$$df = (3x^2 + y^2 - 12)dx + (2xy - 3y^2)dy$$

- a) Demostrar que $f(x, y)$ es una ecuación de estado, b) Calcular $f(x, y)$.

Relaciones útiles: β : Coeficiente de dilatación volumétrica, κ : coeficiente de compresibilidad, α : coeficiente de dilatación lineal, Y : Módulo de Young, L : longitud, A : área de la sección transversal y V : volumen, F : fuerza.

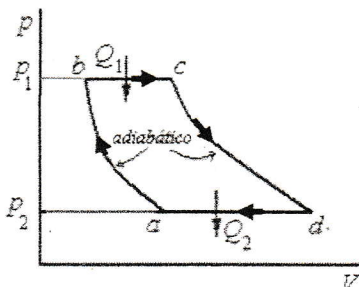
$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad \kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \quad \alpha = \frac{1}{L} \left(\frac{\partial L}{\partial T} \right)_F \quad Y = \frac{L}{A} \left(\frac{\partial F}{\partial L} \right)_T$$



1) Un trozo de 300 g de cobre se calienta en un horno y en seguida se deja caer en un calorímetro de 500 g de aluminio que contiene 300 g de agua. Si la temperatura del agua se eleva de 15°C a 30°C. ¿Cuál era la temperatura inicial del cobre?

$$C_{Al} = 0,215 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \quad C_{H_2O} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \quad C_{Cu} = 0,924 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \quad (3p)$$

2) La figura representa un diagrama p-V del ciclo de Joule de gas ideal con capacidad térmica C_p constante y coeficiente adiabático γ . Hallar la eficiencia en función de las presiones máxima y mínima que se indica en la figura y de γ .



(5p)

3) Los gases reales se desvían del comportamiento de un gas ideal. Por tal motivo el físico matemático Van der Waals modificó la ecuación de gases ideales. La ecuación de Van der Waals para un gas real es $p = \frac{nRT}{V-nb} - \frac{n^2a}{V^2}$, donde a y b son constantes. Si n moles de un gas real tiene una capacidad térmica molar a volumen constante C_{mv} , determine la energía interna U y la entalpía H del gas sabiendo que U depende de T y V y que además $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ conocido como ecuación de la energía interna. **Nota:** $H = U + pV$. (5p)

4) Un sistema está conformado por un cilindro(c)-aire(a)-pistón(p)-bloque(b). Inicialmente el sistema está en reposo gracias a la acción de dos topes en la parte superior e inferior del pistón (ver figura). La presión p_{1a} , el volumen V_{1a} y la temperatura T_{1a} del aire iniciales son respectivamente 2 MPa, $3,53 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ y 400 K. La presión atmosférica p_{atm} es constante e igual a 100 kPa. Al inicio todo el sistema está en equilibrio mecánico y térmico, el pistón de masa 0,1 kg está ubicado a 0,2 m de altura desde la base del cilindro y el bloque de 2 kg está situado en la parte superior del pistón. Se remueven repentinamente los topes inferiores y el gas se expande empujando al pistón y al bloque hacia arriba hasta que el pistón se detiene debido a la acción de los topes superiores a 0,4 m de altura medida desde la base del cilindro, pero el bloque sigue viajando hacia arriba. Cuando el pistón se detiene la temperatura del aire T_{2a} es de 310 K. Considerando que todo el proceso se realiza en forma adiabática, que el calor específico C_e del aire se mantiene constante e igual a 1,013 kJ/kg.K y gas ideal al aire:

a) Determine el trabajo externo W_{ext} hecho por la presión atmosférica (1p)

b) Considerando los cambios de energía interna del pistón, bloque y cilindro despreciables, halle la variación de energía interna del sistema ΔU_{sis} (2p)

Nota: $\Delta U_{sis} = \Delta U_a + \Delta U_p + \Delta U_b + \Delta U_c$

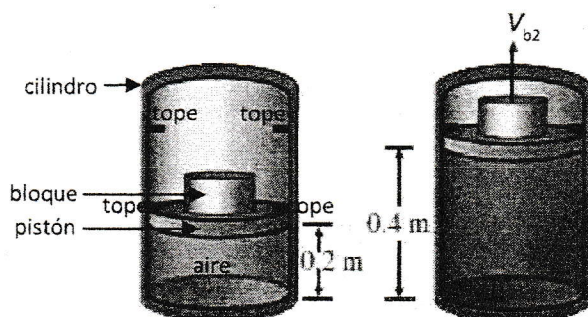
c) Si sale negativo ΔU_{sis} ¿Era necesario este resultado? Explique por que era o no era necesario. (1p)

d) Aplicando la 1ª. Ley de la termodinámica (incluyendo las otras formas de energía):

$$Q - W = \Delta U_{sis} + \Delta E_{ksis} + \Delta E_{psis}$$

y considerando ΔE_{ksis} igual a la variación de energía cinética solo del bloque, ΔE_{psis} igual a la suma de la variación de energía potencial del pistón y de la variación de energía potencial del bloque, y la velocidad inicial del bloque despreciable, halle la velocidad del bloque V_{b2} inmediatamente después de que el pistón se detiene.

Nota: Q = calor absorbido W = trabajo hecho por el aire $R_{aire} = 287 \text{ J/kg.K}$ (3p)





CURSO: FUNDAMENTOS DE ING. TERMODINÁMICA Y F.
EXAMEN PARCIAL

COD. CURSO: BFI05

1) Un gas cumple la relación $(6VT - 2T^2 + 1)dV + (3V^2 - 4VT)dT = dp$

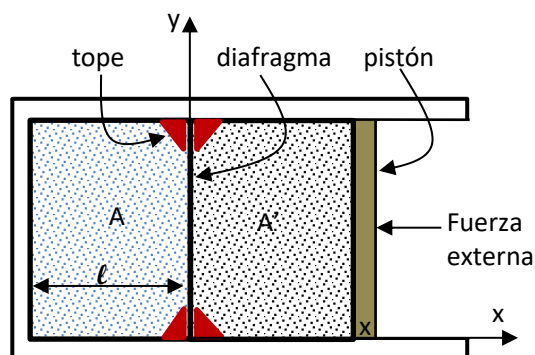
a) Decir si p es una función de estado

b) Si p es función de estado, halle p en función de V y T

2) Una varilla de cobre de densidad uniforme y de sección constante oscila como un péndulo colgado de uno de sus extremos, con un periodo de 1,6 s cuando se encuentra a una determinada temperatura ambiente. Siendo el coeficiente de dilatación lineal del cobre $19 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, determine el incremento de temperatura que habría que darle al ambiente para que el periodo aumente en 3 milésimas de segundo.

Sugerencia: Recuerde el periodo de un péndulo físico

3) Un recipiente de paredes adiabáticas tiene forma cilíndrica, con el eje horizontal, está cerrado por un pistón adiabático, y en su interior está subdividido en dos compartimientos por un diafragma rígido, diatérmico, unido al cilindro a una distancia ℓ desde la base (ver figura). En el espacio comprendido entre la base del cilindro y el diafragma hay n moles de un gas ideal A cuya capacidad térmica molar a volumen constante C_{mv} es constante; en el espacio comprendido entre el diafragma y el pistón hay n' moles de un gas ideal A' cuya capacidad térmica molar a volumen constante es C'_{mv} es constante. En la figura está indicado la posición x del pistón. Inicialmente $x = \ell$ y A y A' están en equilibrio a la misma temperatura T_1 ; luego una adecuada fuerza externa logra desplazar el pistón muy lentamente, de modo que el gas A' sufre una compresión cuasiestática hasta llegar a la posición $x = \ell/2$ momento en cual el pistón se para. En función de los parámetros mencionados y denotando $\omega = \frac{n'R}{nC_{mv} + n'C'_{mv}}$, calcule:



Fuerzas resultantes sobre el diafragma debido a los topes en la parte superior (R_1) y en la inferior (R_2)



a) Aplicando la 1ª. ley de la termodinámica, la temperatura del gas A en función de x .

b) El valor final T_2 de la temperatura del gas A'

c) La variación de energía interna del gas A y del gas A'

4) Un motor diesel opera en el ciclo reversible abcda, con 9,0 moles de un gas ideal. Los procesos ab y cd son adiabáticos, el proceso bc es isobárico y el proceso da es isócoro. La presión en d es mayor que en el punto a y el volumen en c es menor que el volumen en d. Las temperaturas de los puntos a, b, c y d del ciclo son 250 K, 375 K, 540 K y 432 K respectivamente. La constante adiabática es 1,50.

a) Grafique el ciclo en un diagrama p - V

b) Calcule la eficiencia térmica del motor en porcentaje

* Proceso 4→1, $v = cte$

$$Q_L = n \cdot C_V \cdot (T_1 - T_4) \dots (2)$$

Procesos

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow T_2 V_1^{\gamma-1} = T_1 V_2^{\gamma-1} \quad (\div)$$

$$3 \rightarrow 4 \rightarrow T_3 V_1^{\gamma-1} = T_4 V_2^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{T_4}{T_1}$$

$$\frac{T_3}{T_2} - 1 = \frac{T_4}{T_1} - 1$$

$$-T_1 \left(\frac{T_3 - T_2}{T_2} \right) = T_1 - T_4 \dots (3)$$

Proceso 2→3 $V = cte$

$$Q_H = n \cdot C_V \cdot (T_3 - T_2) \dots (1)$$

(3) en (2)

$$Q_L = -n \cdot C_V \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot (T_3 - T_2) \dots (4)$$

Variación de entropía

$$\frac{Q_H}{T_3} + \frac{Q_L}{T_1}$$

$$\frac{n \cdot C_V \cdot (T_3 - T_2)}{T_3} + \frac{-n \cdot C_V \cdot T_1 (T_3 - T_2)}{T_2 T_1}$$

$$n \cdot C_V \cdot (T_3 - T_2) \left(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2} \right) = \frac{-n \cdot C_V \cdot (T_3 - T_2)^2}{T_2 T_3} \neq 0$$

irreversible

Tercera Práctica Calificada Fundamentos de Ingeniería Térmica y de Fluidos

Código: BFI05

Duración: 1 hora 45 min

Problema 1 (5 pts)

A continuación se describe el proceso de una máquina de Otto que opera entre 2 reservorios térmicos: En el proceso 1-2 y 3-4 el gas está térmicamente aislado, mientras que en el proceso 2-3 el gas está en contacto térmico con un reservorio a temperatura T_3 (por lo tanto se calienta), y en el proceso 4-1 el gas está en contacto con un reservorio térmico a temperatura T_1 (enfriándose como resultado)

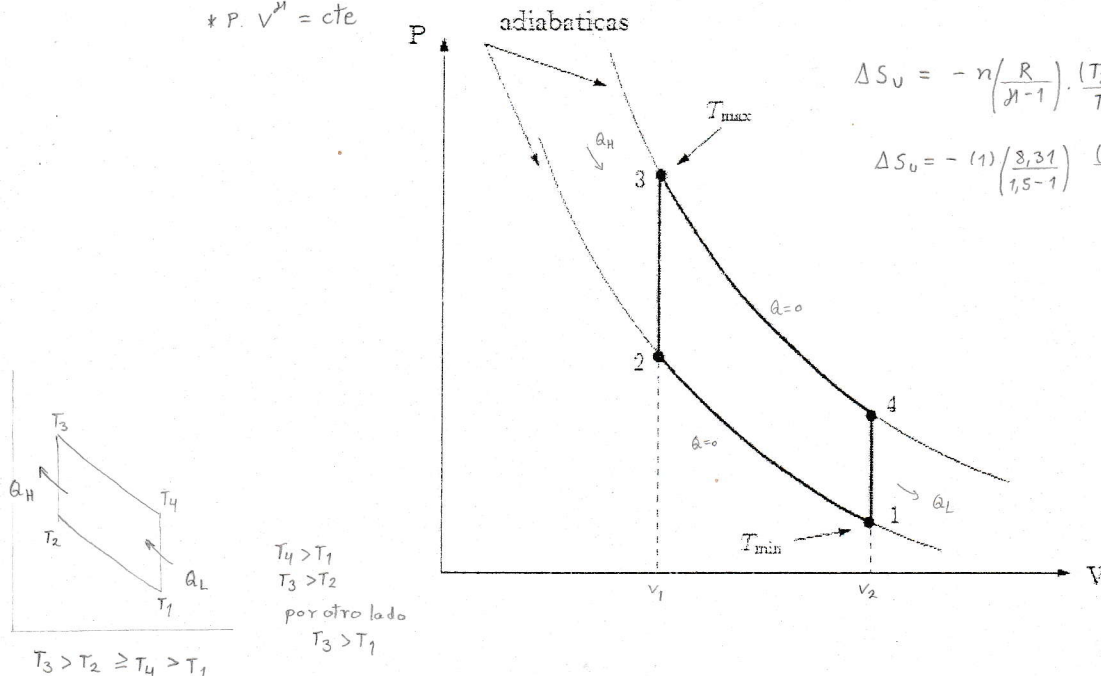
$$* T \cdot V^{\gamma-1} = cte$$

$$* P \cdot V^{\gamma} = cte$$

$$b) C_P = C_V + R \rightarrow C_V = \frac{R}{\gamma - 1}$$

$$\Delta S_U = -n \left(\frac{R}{\gamma - 1} \right) \cdot \frac{(T_3 - T_2)^2}{T_3 \cdot T_2}$$

$$\Delta S_U = - (1) \left(\frac{8,31}{1,5 - 1} \right) \cdot \frac{(340 - 120)^2}{340 \cdot 120} =$$

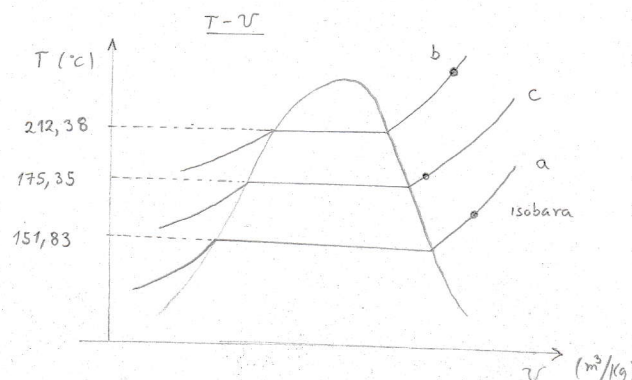
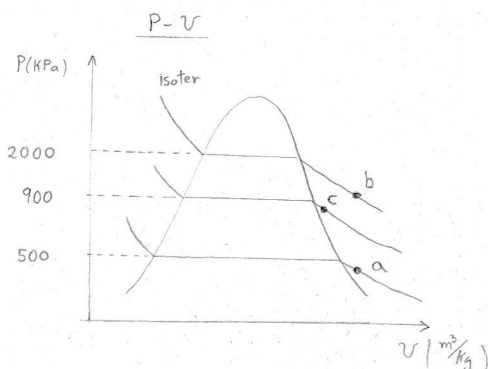


- Calcule la variación de entropía del universo (reservorios + sustancia de trabajo) en un ciclo completo de Otto e indique si la máquina es reversible o irreversible. Exprese su respuesta en términos de T_2 y T_3 . (3 pts)
- Evalúe la variación de entropía del ítem anterior si la sustancia de trabajo (gas ideal) tiene un coeficiente adiabático $\gamma = 1.5$ con $T_3 = 340$ K, $T_2 = 120$ K y $n = 1$ mol; (1 pts)
- Considere ahora que en el diagrama mostrado los valores de T_2 y T_4 no están determinados a priori. Si el sentido del ciclo se invierte, qué relación de orden deben satisfacer T_2 y T_4 para que tengamos un refrigerador/bomba térmica. Explique (1 pts)

Problema 2 (5 pts)

Para las siguientes condiciones determine en qué estado se encuentra el agua (líquido subenfriado/comprimido, líquido saturado, vapor húmedo, vapor saturado o vapor sobrecalentado) y señale su localización en los diagramas P-v y T-v respectivos

- | | |
|---|---|
| a) $P = 500$ kPa y $T = 200$ °C | Tabla A-5 $\rightarrow 151,83 = T_{sat} < 200 \rightarrow$ Vapor sobrecalentado |
| 2000 kPa b) $P = 2$ MPa y $T = 370$ °C | Tabla A-5 $\rightarrow 212,38 = T_{sat} < 370 \rightarrow$ Vp sobrecalentado |
| 900 kPa c) $P = 0.9$ MPa y $T = 180$ °C | Tabla A-5 $\rightarrow 175,35 = T_{sat} < 180 \rightarrow$ Vp sobrecalentado |



Problema 3 (5 ptos)

Vapor entra por un tubo de diámetro variable con una velocidad promedio de 4 m/s.

El volumen específico del vapor al ingresar es de $0.127 \text{ m}^3/\text{kg}$. El vapor sale del tubo con una densidad de 9.94 kg/m^3 . El diámetro del tubo varía según la ley $d(x) = 0.01 x^2 + 0.06 \text{ m}$, determine la velocidad promedio del vapor en la salida del tubo y la tasa de flujo másico. Asuma régimen estacionario.

$$V_1 = 4 \text{ m/s}$$

$$A_1 = \pi \cdot \left(\frac{0.06}{2} \right)^2 = 2.82 \times 10^{-3}$$

$$\rho_1 = \frac{1}{v_1} = \frac{1}{0.127} = 7.87$$

$$\rho_2 = 9.94$$

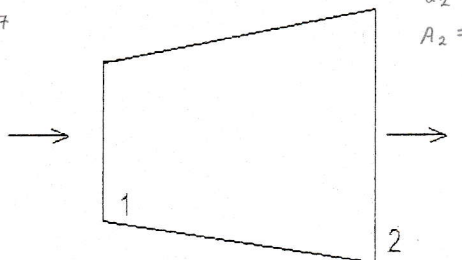
$$d_2 = 0.01 \cdot (1.5)^2 + 0.06 =$$

$$A_2 = \pi \cdot \left(\frac{0.0825}{2} \right)^2 = 5.34 \times 10^{-3}$$

$$\dot{m} = \rho_1 \cdot A_1 \cdot V_1$$

$$\frac{dm}{dt} = 7.87 \times 2.82 \times 10^{-3} \times 4$$

$$\frac{dm}{dt} = 88.77 \times 10^{-3}$$



$x=0 \text{ m}$

$x=1.5 \text{ m}$

$\rightarrow x$

$$\dot{m} = \frac{dm}{dt} = \rho_2 \cdot A_2 \cdot V_2$$

$$88.77 \times 10^{-3} = 9.94 \times 5.34 \times 10^{-3} \times V_2$$

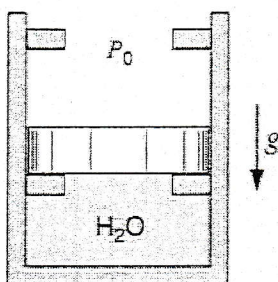
$$1.67 \text{ m/s} = V_2$$

Problema 4

En la figura se muestra un sistema pistón-cilindro. El pistón es libre de moverse sin fricción entre los dos conjuntos de topes mostrados. Cuando el pistón descansa en los topes inferiores el volumen encerrado es 400 L. Cuando el pistón alcanza los topes superiores el volumen es 600 L. El cilindro inicialmente contiene agua a 100 kPa con 20% de calidad. A continuación, el agua se calienta hasta que eventualmente sólo existe como vapor saturado.

La masa del pistón es tal que requiere 300 kPa de presión para moverlo (muy lentamente) contra la presión exterior del ambiente.

- Determina la presión final del cilindro. (2 ptos)
- El calor transferido y el trabajo para todo el proceso (3 ptos)



400 L 100 kPa 20%	↑ 300 kPa	600 L P = ?
$P < 300 \text{ kPa}$ $V = 0.4 \text{ m}^3$	$P = 300 \text{ kPa}$ $0.4 < V < 0.6$	$P > 300 \text{ kPa}$ $V = 0.6$

Tabla A-5

$$P = 100 \text{ kPa}$$

$$v_f = 0.001043$$

$$v_g = 1.6941$$

$$u_f = 417.4$$

$$u_g = 2505.6$$

$$0.2 = \frac{v_1 - v_f}{v_g - v_f} = \frac{v_1 - 0.001043}{1.6941 - 0.001043}$$

$$m = 1.177 \text{ kg}$$

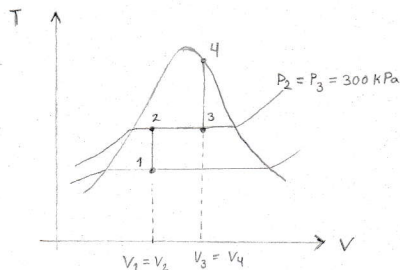
$$v_1 = \frac{0.4}{1.177} = 0.3396 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$v_2 = \frac{0.6}{1.177} = 0.50948 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

P kPa	v_g	u_g
350	0.52422	2548.5
P_4	0.50948	u_g
375	0.49137	2550.9

$$\frac{P_4 - 350}{375 - 350} = \frac{0.50948 - 0.52422}{0.49137 - 0.52422}$$

$$P_4 = 361.204 \text{ kPa}$$



$$b) W_{1 \rightarrow 4} = W_{1 \rightarrow 2} + W_{2 \rightarrow 3} + W_{3 \rightarrow 4} = P_2 (V_3 - V_2) = 300 \cdot (0.6 - 0.4) = 60 \text{ kPa}$$

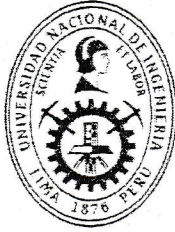
$$Q = m \cdot (u_4 - u_1) + W_{1 \rightarrow 4} = 1.177 \cdot (2549.52 - 835.04) + 60 = 2079.108 \text{ kJ}$$

$$0.2 = \frac{u_1 - 417.4}{2505.6 - 417.4}$$

$$u_1 = 835.04$$

$$\frac{361.204 - 350}{375 - 350} = \frac{u_4 - 2548.5}{2550.9 - 2548.5}$$

$$u_4 = 2549.52$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

FUNDAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS

PRÁCTICA CALIFICADA N° 04

Código: BFI05 Fecha: 24/11/2023 Duración: 1 h 40 m Semestre: 2023 – 2

Se considerará el orden y coherencia en la resolución de problemas.

1. En un compresor que funciona en estado estacionario ingresa aire a razón de 0,5 kg/s, velocidad de 7 m/s, presión de 100 kPa y un volumen específico de 0,95 m³/kg, y sale a 5 m/s, 700 kPa y 0,19 m³/kg. La energía interna del aire que sale es 90 kJ/kg mayor que la del aire que entra. Durante el proceso se disipa calor al entorno a una tasa de 58 kW. Desprecie la energía potencial del aire. a) Calcular la potencia en la entrada del compresor, en kW, b) Calcular la relación entre el diámetro de la tubería de entrada y el diámetro de la tubería de salida. (5 puntos)
2. Inicialmente se tiene vapor sobrecalentado a 0.3 MPa y 700°C dentro de un contenedor rígido. a) ¿A qué temperatura el vapor está en estado saturado?, b) Calcular la presión y la calidad del vapor a 75°C, c) Calcular el calor transferido por kg de vapor en el enfriamiento de 700°C a 75°C y d) Esquematice los procesos termodinámicos en un diagrama T-v (desde 700° hasta 75°C). (05 puntos)
3. Una turbina adiabática que funciona en estado estacionario desarrolla 28,75 MW de potencia para un flujo masico de vapor de 50 kg/s. El vapor entra a 2,5 MPa con una velocidad de 61 m/s y sale como vapor saturado a 15 kPa con una velocidad de 130 m/s. Despreciando la energía potencial, calcule la temperatura del vapor a la entrada de la turbina, en °C. (05 puntos)
4. El refrigerante 134a a 1 MPa y 90° C se debe enfriar hasta obtener liquido saturado a 30° C en un condensador por aire. El aire entra a 100 kPa y 27 °C con un caudal volumétrico de 600 m³/min y sale a 95 kPa y 60 °C. Considerando los cambios de energía cinética y potencial, así como también la pérdida de calor del dispositivo hacia el entorno insignificantes y además suponiendo que el aire se comporta como un gas ideal con calor específico constante ($c_p = 1.005$ kJ/kg K). Determine el flujo de masa del refrigerante, en kg/s. $R = 287$ J/kg K (05 puntos)

$$600 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

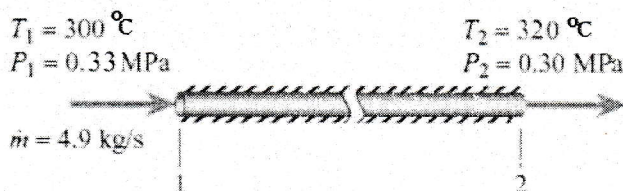
Quinta practica calificada -Fundamentos de Ingeniería Térmica y de Fluidos

Código: BFI 05

Duración: 1 h 45 min

Problema 1 (5 pts)

Considere un flujo estacionario de agua a través de una tubería larga y aislada térmicamente. El agua entra a 300 °C y 0.33 MPa y sale a 320 °C y 0.30 MPa. Determine la tasa de entropía generada (causadas por las irreversibilidades, principalmente fricción) asociada con este flujo. La tasa de flujo másico es 4,9 kg/s



Problema 2 (5 pts)

En una casa se tiene una bomba que sirve para llenar una piscina de 2400L. Para bombear el agua desde un pozo a la piscina (que se encuentra vacía) es necesario que la bomba incremente la presión del agua en 300 kPa.

En esta casa se llevará a cabo una fiesta en la piscina que comienza en 2 horas.

a) Pruebe que para una bomba podemos escribir:

$$W_{\text{isentrópico}}/m = v(P_1 - P_2) \quad (2 \text{ pts})$$

b) Si la bomba tiene una eficiencia isentrópica de 85% y trabaja con un flujo másico uniforme, calcule la potencia mínima necesaria para realizar la fiesta sin contratiempos.

(3 pts)

Consideraciones:

La bomba trabaja a temperatura ambiente (20 °C) de forma adiabática y estacionaria. El fluido es incompresible. Desprecie cualquier variación en la energía cinética y potencial.

Problema 3

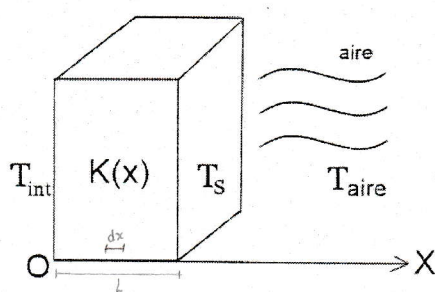
En la figura se muestra la pared de una casa de espesor L y área A , cuyo coeficiente de conductividad térmica $k(x)$ varía según la ley

$$k(x) = h_c L^2 / (5x + 5L),$$

donde h_c es el coeficiente de transferencia de calor (por convección).

Si la temperatura del interior de la casa ($T_{\text{int}} = T_o$) es 4 veces la temperatura del entorno (aire), determine la temperatura en la superficie externa de la pared (la que está expuesta al entorno) T_s . Considere que el flujo de calor es estacionario.

* $T_i = 4T_a$ Conducción * $R = \frac{L}{kA} \Rightarrow dR = \frac{dx}{k(x)A} \Rightarrow dR = \frac{1}{A} \cdot \frac{dx}{h_c L^2 (5x + 5L)}$



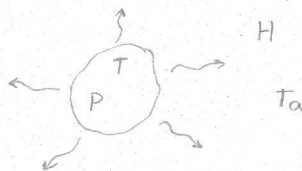
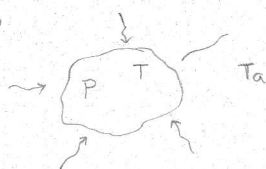
$$R_1 = \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{h_c L^2} \int_0^L (5x + 5L) dx = \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{h_c L^2} \cdot \frac{5L^2}{2} = \frac{1}{A} \cdot \frac{15}{2 h_c}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_i - T_s}{\frac{5}{2} \cdot \frac{1}{A h_c}} = \frac{T_s - T_a}{\frac{1}{A h_c}} \Rightarrow 2(T_i - T_s) = 15(T_s - T_a)$$

$$\frac{23}{68} T_i = T_s$$

Convección * $R_2 = \frac{1}{A h_c}$

$T_{inicial} = T_0$



Problema 4 (5 ptos)

Cuando un componente electrónico el cual está en contacto con el aire es energizado súbitamente, se produce una generación interna de calor de modo que se supe al componente electrónico una potencia P (en Watts)

a) En el caso que esta contribución P (constante) sea tomada en cuenta, exprese la temperatura de la superficie del componente electrónico $T_s(t)$ como una función del tiempo en términos de T_0 (temperatura inicial del componente), T_{aire} , S (área del componente), C (capacidad calorífica del componente), h_c (coeficiente de transferencia de calor convectivo) y P . (3 ptos)

b) ¿Cuál es el valor de T_s cuando ha pasado mucho tiempo? (2 ptos)

$$\begin{aligned}
 a) \quad \frac{dQ}{dt} &= P - h_c \cdot S \cdot (T - T_a) & \mu &= P - h_c \cdot S \cdot (T - T_a) & \frac{C}{\mu} \cdot \left(-\frac{d\mu}{h_c \cdot S} \right) &= dt \\
 C \cdot \frac{dT}{dt} &= P - h_c \cdot S \cdot (T - T_a) & d\mu &= -h_c \cdot S \cdot dT & \ln(\mu) \Big|_{\mu_0}^{\mu_F} &= -\frac{h_c \cdot S}{C} \cdot dt \\
 \frac{C \cdot dT}{P - h_c \cdot S \cdot (T - T_a)} &= dt & T_{inicial} &= T_0 & \ln \left(\frac{P - h_c \cdot S \cdot (T - T_a)}{P - h_c \cdot S \cdot (T_0 - T_a)} \right) &= -\frac{h_c \cdot S}{C} \cdot t \\
 & & \mu_0 &= P - h_c \cdot S \cdot (T_0 - T_a) & & \\
 & & \mu_F &= P - h_c \cdot S \cdot (T - T_a) & & \\
 b) \quad t &\rightarrow \infty & & & & \\
 P - h_c \cdot S \cdot (T - T_a) &= 0 & & & & \\
 \frac{P}{h_c \cdot S} + T_a &= T & & & & \\
 & & & & & P - h_c \cdot S \cdot (T - T_a) = P - h_c \cdot S \cdot (T_0 - T_a) \cdot e^{-\frac{h_c \cdot S}{C} \cdot t}
 \end{aligned}$$

$$W = \int P dv \quad w_{iso} = \frac{1}{M} \cdot V \cdot (P_1 - P_0)$$

en dispositivo: $\bar{m}$

$$dq_{rev} + dw_{rev} = dh + dK + dUp \dots (1)$$

$$dq_{rev} - T \cdot dv = dh - vdp \dots (2)$$

$$dh - vdp + dw_{rev} = dh + dK + dUp$$

$$dw_{rev} = (vdp + dK + dUp)$$

$$dK \approx 0; dUp \approx 0$$

$$dw = vdp$$

$$w = \int v \cdot dp$$

$$\frac{w}{m} = V \cdot (\Delta P)$$

$$b) \quad n = 85\%$$

$$n = \frac{w_{is}}{w_{re}} = \frac{\frac{w_{is}}{m}}{\frac{w_{re}}{m}} = \frac{V(P_2 - P_1)}{h_{2a} - h_i}$$

$$\frac{85}{100} = \frac{V(P_2 - P_1)}{w_{real}} \Rightarrow w_{real} = \frac{100}{85} \cdot V \cdot (\Delta P)$$

$$w_{real} = \frac{300}{85} \cdot \rho \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$w_{real} = \frac{300}{85} \cdot \frac{2400}{2(60)} \cdot ()$$

$$A_1 = L \times d$$

$$A_2 = \frac{L}{2} \times d$$

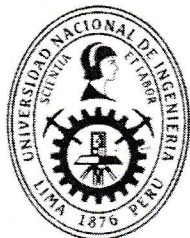
$$A_3 = \frac{L}{2} \times d$$

$$R = \frac{L}{A \cdot K}$$

$$R_1 = \frac{L}{L \cdot d \cdot K_1} = \frac{1}{d \cdot K_1}$$

$$R_2 = \frac{2}{d \cdot K_2}$$

$$R_3 = \frac{2}{d \cdot K_3}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

FUNDAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS

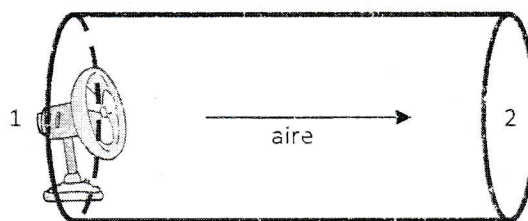
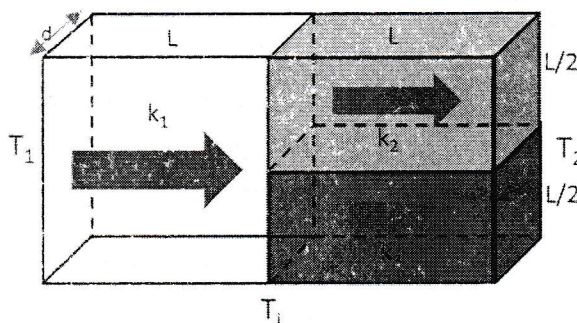
EXAMEN FINAL

Código: BFI05 Fecha: 15/12/2023 Duración: 1 h 50 m Semestre: 2023 - 2



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow R = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

1. Un paralelepípedo de largo $2L$, ancho d y altura L se encuentra dividido en tres regiones con conductividades térmicas k_1, k_2, k_3 y entre dos temperaturas T_1 y T_2 ($T_1 > T_2$) tal como muestra la figura. El paralelepípedo está térmicamente aislado excepto en las caras donde las temperaturas son T_1 y T_2 . Considerando flujo estacionario calcular: a) La temperatura intermedia T_i en función de k_1, k_2, k_3, T_1 y T_2 , b) Que resultado espera si usando el resultado en (a) se hace $k_1 = k_2 = k_3$. Hacer un breve comentario sobre el resultado. (05 puntos)



$$T_i = \frac{R_2^2 \cdot R_3^2 \cdot T_1 + R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot (R_2 + R_3) \cdot T_2}{(R_2 + R_3) \cdot (R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3)}$$

Estado 1 Estado 2

$$\begin{aligned} \dot{M} &= \mu \\ P &= P_1 \\ T &= T_1 \end{aligned} \quad \begin{aligned} V &= V_2 \\ P &= P_2 \\ T &= T_2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{\mu}{V}$$

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T} \cdot A \cdot V$$

$$\dot{m} = A \cdot V_1 \cdot \rho_1 = A \cdot V_2 \cdot \rho_2$$

$$V_1 \cdot \frac{P_1}{R \cdot T_1} = V_2 \cdot \frac{P_2}{R \cdot T_2}$$

$$V_1^2 = V_2^2 \cdot \frac{P_2 \cdot T_1}{P_1 \cdot T_2}$$

$$h_1 - h_2 = C_p (T_1 - T_2)$$

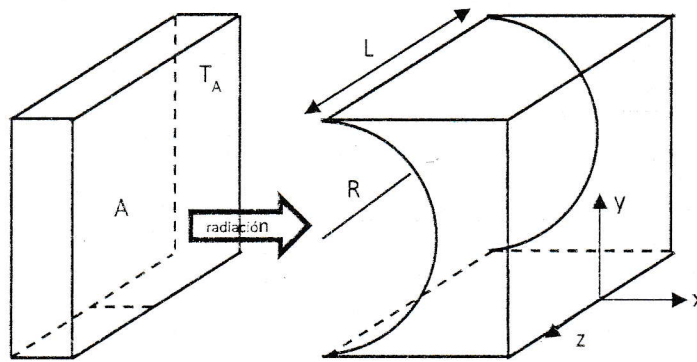
2. Un ventilador de área de la sección transversal, A , absorbe constantemente moléculas diatómicas de aire de masa molar μ , presión P_1 y temperatura T_1 y las expulsa a velocidad v_2 , presión P_2 y temperatura T_2 . Considerando que el aire no absorbe ni cede calor, que se comporta como un gas ideal con capacidad térmica molar a presión constante C_p y que el cambio en la energía potencial es despreciable, determine el trabajo hecho por el ventilador sobre el gas de aire. Expresé su respuesta en términos de $P_1, P_2, T_1, T_2, v_2, \mu, A$ y R , siendo R la constante universales de los gases ideales. $C_p = \frac{7}{2} R$ (05 puntos).

$$W + \dot{m} \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2} \right) = \dot{m} \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2} \right)$$

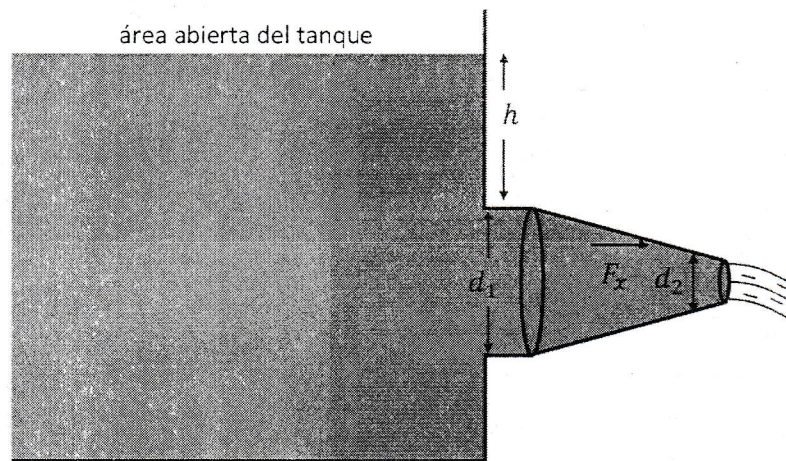
$$W = \dot{m} \left(h_2 - h_1 + \frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} \right)$$

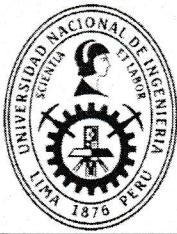
3. Un cuerpo negro de forma de paralelepípedo en equilibrio térmico a una temperatura T_A emite un flujo de calor de radiación constante desde un área A en dirección perpendicular a ésta. Dicho calor entra a la superficie semicilíndrica de un cuerpo como se muestra en la figura. Sabiendo que el flujo Φ de un vector densidad de corriente de calor $\vec{j}$ en general que atraviesa una superficie S está dado por $\Phi = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{s}$, donde $d\vec{s} = dS \hat{u}$, dS es un diferencial de superficie de la superficie por donde atraviesa $\vec{j}$ y $\hat{u}$ es un vector unitario normal en cualquier punto de la superficie, halle Φ que atraviesa la superficie cilíndrica. No considere pérdidas de energía. (05 puntos)

Nota: Las unidades del flujo de calor de radiación o de Φ son J/s. Las unidades de $\vec{j}$ son J/s.m²



4. Una pared lateral de un tanque abierto está formada por un tubo que se estrecha a través del cual sale el agua. Considere que el diámetro del tubo disminuye de forma uniforme desde d_1 en las proximidades de la superficie del tanque hasta d_2 , en la abertura de salida del agua y que el nivel agua en el tanque es h , como se observa en la figura. Despreciando la viscosidad del agua y considerando el área abierta del tanque muy grande comparado con el área de radio $d_1/2$, encuentre la componente horizontal de la fuerza qetiende a sacar el tubo del tanque (F_x). (05 puntos)





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
FUNDAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS
EXAMEN SUSTITUTORIO

Código: BFI05 Fecha: 29/12/2023 Duración: 1 h 50 m Semestre: 2023 – 2

1.- El calor específico molar de un sólido a bajas temperaturas está dado por $c(T) = 464\left(\frac{T}{T_D}\right)^3$ cal/mol.K. Para el cloruro de sodio $T_D = 281$ K.

a) Calcular el calor necesario para calentar una mol de cloruro de sodio de 10 a 20 K (4 p)

b) Determine el calor específico molar promedio en el intervalo de 5 a 30 K (1 p)

2.- Inicialmente dentro de un cilindro rígido se tiene una cierta cantidad de masa M de vapor de agua sobrecalentada a $T_1 = 250$ °C y $p_1 = 1$ MPa siendo su energía interna específica inicial u_1 . Las tapas circulares del cilindro son adiabáticas, mientras que la pared lateral no lo es. Se coloca un enrollamiento metálico que absorbe el calor del cilindro hasta que la sustancia dentro de éste llega a una temperatura final $T_2 = 125$ °C y a una energía interna específica u_2 . El volumen del cilindro es 0.23275 m³. a) $Q = \Delta U + W \rightarrow Q = \Delta U = m u_2 - m u_1 = m(u_2 - u_1) = M(u_2 - u_1)$

a) Si no hay pérdida de energía cuando el enrollamiento absorbe calor, expresar el calor expulsado por la sustancia en función de M , u_1 y u_2 . (1 p)

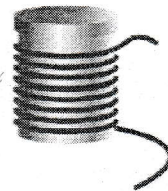
Hallar:

b) El volumen específico v_1 y la energía específica u_1

c) La masa M $V = m \cdot v \rightarrow 0.23275 = M \cdot 0.23275 \rightarrow M = 1 \text{ Kg}$

d) El valor del calor expulsado por la sustancia si la calidad en el estado final es $x_2 = 0.3011$

Nota: usar las tablas que se adjuntan a este examen



(0.5 p)

(0.5 p)

(3 p)

3.- En la cámara de combustión de un motor se hace entrar aire comprimido mediante un compresor. Generalmente el aire comprimido entra con alta velocidad produciéndose un problema. El problema es que a estas velocidades altas es difícil que se realice la combustión. Por tal motivo se coloca entre el compresor y la cámara de combustión un difusor como indica la figura 2.

Para un particular motor la velocidad y la temperatura en la entrada de su difusor son 30 m/s y 450 K respectivamente y la velocidad en la salida es 4 m/s. Asumiendo un motor adiabático, que no hay trabajo en el difusor ($W=0$), $\Delta E_p = 0$ y un proceso estacionario, calcular la temperatura de salida en el difusor. El calor específico a presión constante del aire es $C_{ep} = 1,021$ kJ/kg.K (5 p)

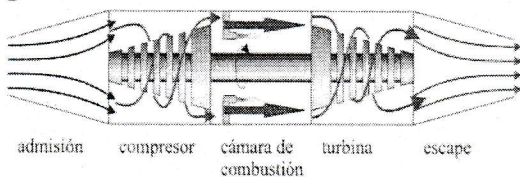


Figura 1

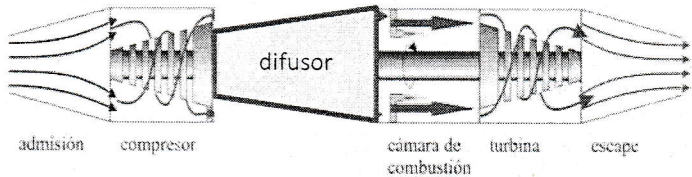
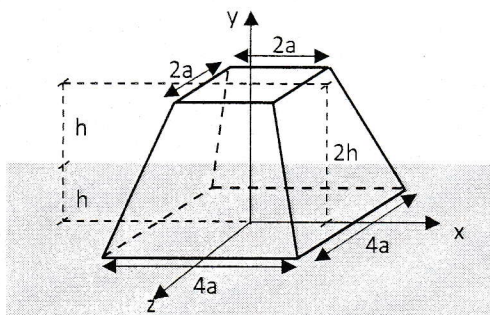


Figura 2

4.- Un tronco de pirámide macizo se encuentra sumergido en un líquido de densidad desconocida ρ_l como se muestra en la figura. Las superficies superior e inferior son concéntricas. Si la densidad del tronco de pirámide ρ depende de y de la siguiente forma $\rho(y) = \rho_0\left(\frac{y}{2h} + 1\right)$; donde ρ_0 es una constante y tiene unidades de kg/m³, halle la densidad del líquido ρ_l en función de ρ_0 y otras constantes. (5 p)



b) $T_1 = 250^\circ\text{C}$
 $P_1 = 1\text{ MPa}$
 Tabla A-6
 $u_1 = 2710,4$
 $v_1 = 0,23275$
 $\rightarrow v_2 = 0,23275$

$T_2 = 125^\circ\text{C}$
 $\rightarrow v_l < v_2 < v_g$
 $\rightarrow \text{Estado: Mezcla}$

d) $x = \frac{u_2 - u_l}{u_g - u_l} \Rightarrow 0,3011 = \frac{u_2 - 524,83}{2534,3 - 524,83}$
 $u_2 = 1129,881$

$Q = M(u_2 - u_1)$
 $Q = 1 \cdot (1129,881 - 2710,4) =$

TABLA A-6

Vapor de agua sobrecalentado (continuación)

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$P = 1.00 \text{ MPa (179.88 °C)}$					$P = 1.20 \text{ MPa (187.96 °C)}$				$P = 1.40 \text{ MPa (195.04 °C)}$			
Sat.	0.19437	2582.8	2777.1	6.5850	0.16326	2587.8	2783.8	6.5217	0.14078	2591.8	2788.9	6.4675
200	0.20602	2622.3	2828.3	6.6956	0.16934	2612.9	2816.1	6.5909	0.14303	2602.7	2803.0	6.4975
250	0.23275	2710.4	2943.1	6.9265	0.19241	2704.7	2935.6	6.8313	0.16356	2698.9	2927.9	6.7488
300	0.25799	2793.7	3051.6	7.1246	0.21386	2789.7	3046.3	7.0335	0.18233	2785.7	3040.9	6.9553
350	0.28250	2875.7	3158.2	7.3029	0.23455	2872.7	3154.2	7.2139	0.20029	2869.7	3150.1	7.1379

TABLA A-4

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres., sat., P _{sat} kPa	Volumen específico, m³/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Líqu. sat., v _f	Vapor sat., v _g	Líqu. sat., u _f	Evap., u _{fg}	Vapor sat., u _g	Líqu. sat., h _f	Evap., h _{fg}	Vapor sat., h _g	Líqu. sat., s _f	Evap., s _{fg}	Vapor sat., s _g
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
240	3347.0	0.001229	0.059707	1033.4	1569.8	2603.1	1037.5	1765.5	2803.0	2.7018	3.4405	6.1424
245	3651.2	0.001240	0.054656	1056.9	1545.7	2602.7	1061.5	1740.8	2802.2	2.7476	3.3596	6.1072
250	3976.2	0.001252	0.050085	1080.7	1521.1	2601.8	1085.7	1715.3	2801.0	2.7933	3.2788	6.0721
255	4322.9	0.001263	0.045941	1104.7	1495.8	2600.5	1110.1	1689.0	2799.1	2.8390	3.1979	6.0369
260	4692.3	0.001276	0.042175	1128.8	1469.9	2598.7	1134.8	1661.8	2796.6	2.8847	3.1169	6.0017